



III-147 - CARACTERIZAÇÃO DO LODO GERADO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE CHAPECÓ/SC: UM ESTUDO DE CASO

Anderson Rodrigo Miranda⁽¹⁾

Mestrando do curso de Ciências Ambientais da Universidade Regional de Chapecó (Unochapecó). Engenheiro da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento – CASAN. Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Rosiléa Garcia França

Professora do Mestrado em Ciências Ambientais da Unochapecó. Doutora em Engenharia Civil pela Unicamp. Mestre em Engenharia Oceânica pela Fundação Universidade do Rio Grande (FURG). Engenheira Civil pela FURG.

Paulo Fernando Rech de Medeiros

Graduando do curso de Engenharia Química da Unochapecó.

Juliane Valentini

Graduanda do curso de Engenharia de Alimentos da Unochapecó.

Endereço⁽¹⁾: Av. Getúlio Vargas, 990-S - Centro - Chapecó - SC - CEP: 89.814-400 - Brasil - Tel: +55 (49) 3321-2750 - Fax: +55 (49) 3321-2710 - e-mail: armiranda@casan.com.br

RESUMO

O lodo de esgoto pode ser uma fonte de nutrientes para diversas culturas; contudo, os teores de metais pesados e de patógenos em sua constituição podem limitar seu uso em solos agrícolas. O objetivo deste trabalho foi de caracterizar o lodo gerado na estação de tratamento de efluentes (ETE) do município de Chapecó-SC, a fim de indicar um reuso apropriado para o mesmo, principalmente a reciclagem agrícola. Até o momento, foram realizadas quatro amostragens, sendo analisados os seguintes parâmetros: macronutrientes, fertilidade, metais pesados e agentes patogênicos. Os metais pesados analisados foram: Cr, Cu, Mn, Fe, Cd, Pb e Zn; sendo que os teores obtidos destes elementos encontram-se bem abaixo dos valores encontrados na literatura, o que, a princípio, indica que não trarão alterações de importância quando da sua aplicação no solo. Os resultados preliminares deste estudo apontaram a necessidade de se realizar a calagem do lodo da estação, ou seja, adicionar cal para correção do pH e diminuição do número de patógenos, pois de acordo com as análises microbiológicas o lodo foi classificado como classe B, segundo resolução 375/06 do CONAMA.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo. Metais pesados. Biossólido. Reciclagem.

INTRODUÇÃO

A questão da coleta, tratamento e disposição final adequada dos resíduos sejam eles, líquidos (esgotos) ou sólidos (“lixo”) gerados pelo homem, consiste em um dos principais problemas da atualidade, seja pela quantidade e variedade cada vez maior de resíduos produzidos pela sociedade, seja pelo custo elevado das “possíveis soluções” para os problemas.

O tratamento da fase líquida dos esgotos gera como subproduto um resíduo semi-sólido, que é o lodo de esgoto, com características predominantemente orgânicas e com teores variáveis de componentes inorgânicos, entre outros.

Em consequência de sua riqueza em nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, além de considerável percentual de matéria orgânica e de elementos essenciais para as plantas, o lodo tem sido utilizado em muitos países como fertilizante.

Diversos trabalhos demonstraram os benefícios do lodo de esgoto para espécies cultivadas e para algumas características químicas e físicas do solo.

A aplicação dos lodos de esgotos em solos agrícolas é, de fato, uma das melhores opções de disposição final, tanto do ponto de vista econômico, como do ambiental, quando atende aos requisitos de concentração de compostos orgânicos, de patógenos e de metais pesados (RANGEL et al., 2006).

Dentre os efeitos do lodo de esgoto sobre as propriedades físicas do solo, condicionadas principalmente pela a presença de matéria orgânica, destacam-se a melhoria no estado de agregação das partículas do solo, com conseqüente diminuição da densidade e aumento na aeração e retenção de água. Quanto aos aspectos químicos, a aplicação de lodo ao solo tem propiciado elevação dos teores de fósforo, de carbono orgânico, da fração de matéria orgânica, do pH, da condutividade elétrica e da capacidade de troca de cátions (OLIVEIRA et al., 2001).

No entanto, apesar destas características benéficas, a presença e concentração de alguns elementos no lodo de esgoto é um dos entraves mais fortes a sua reciclagem. Dentre os diversos poluentes encontrados nos compostos orgânicos contidos nos esgotos, os metais pesados, oriundos principalmente de fontes domésticas e industriais, têm despertado grande interesse dos órgãos públicos no mundo todo. De modo geral, as concentrações de metais encontradas no lodo são muito maiores que as naturalmente encontradas em solos, daí a necessidade de avaliação dos riscos associados ao aumento desses elementos no ambiente em decorrência da aplicação desse resíduo, sendo que seu uso indiscriminado na fertilização de solos representa um risco potencial de contaminação das culturas agrícolas. A quantificação de metais pesados e a presença de patógenos são, portanto, etapa essencial para definir uma possível disposição final dos lodos.

A disposição final do lodo de esgoto é um dos problemas ambientais urbanos mais relevantes da atualidade e dentre as alternativas para sua aplicação final, a reciclagem agrícola se destaca por sua adequação sanitária, ambiental e economicamente menos onerosa. Assim, o presente estudo tem por objetivo realizar a caracterização física, química e biológica do lodo gerado pela Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do município de Chapecó/SC, a fim de propor formas de aproveitamento deste resíduo, com foco para a adubação do solo. Nesta perspectiva, serão apresentados aqui os resultados preliminares deste estudo, referentes às quatro primeiras amostragens realizadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O lodo de esgoto utilizado foi coletado na Estação de Tratamento de Esgoto do município de Chapecó/SC. A ETE é operada pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN) e utiliza como sistema de tratamento o processo biológico aeróbio do tipo lodos ativados, modalidade aeração prolongada, cujo fluxograma de tratamento é apresentado na Figura 1. Neste sistema parte do lodo é recirculado ao reator aeróbio e parte é descartada do tratamento.

As amostragens foram realizadas na saída do decantador secundário, sendo realizada coleta simples, ou seja, em um determinado ponto e de uma só vez. Foram num total de quatro coletas, durante 120 dias. As primeiras deram-se de forma quinzenal e a última apresentou um período de trinta dias.

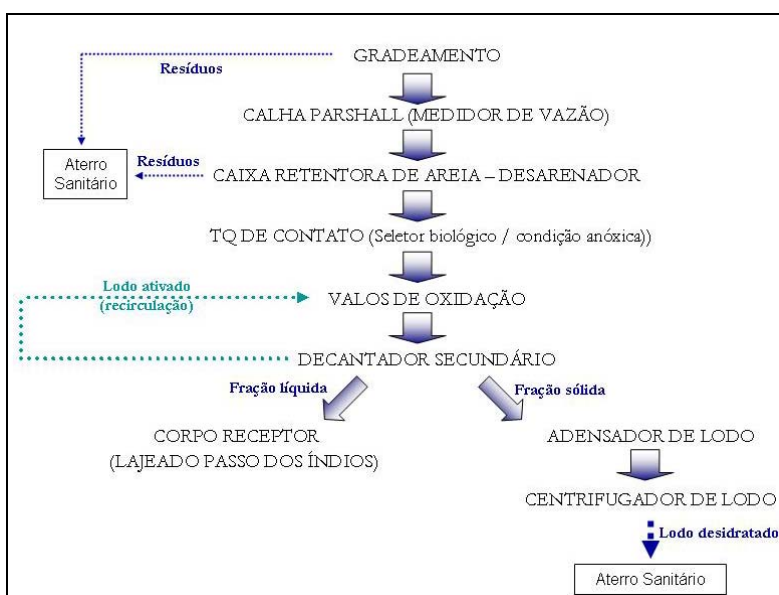


Figura 1 – Fluxograma da ETE Chapecó – CASAN



A metodologia adotada para a caracterização básica do lodo foi a mesma padronizada para os laboratórios que constituem a Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos (R.O. L.A.S.) dos estados do RS e SC, com base na proposição de métodos de análise de MIELNICZUK et al. (1969), (TEDESCO, 1985).

Na preparação das amostras seguiu-se: secá-las em estufa a temperatura de 110°C por 24 horas, após esfriar até temperatura ambiente, foram homogeneizadas com o auxílio de um moinho, acondicionadas em caixinhas de papelão e guardadas fechadas, para posterior análise.

A preparação das amostras e as digestões foram efetuadas no laboratório de pesquisa da Unochapecó. Já as análises (quantificações das concentrações) foram realizadas em laboratórios terceirizados devido a não disponibilização de equipamentos adequados para tal.

É importante salientar que as amostras foram realizadas em triplicata com acompanhamento do branco analítico para maior confiabilidade dos resultados. Exceto as análises microbiológicas realizada no SENAI – Chapecó, todas as outras foram realizadas pelo laboratório de solos da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – Epagri/Chapecó.

Digestão para macronutrientes

No grupo de análise de macronutrientes incluiu-se: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg).

A metodologia utilizada foi a de TEDESCO, 1985. A determinação destes nutrientes é feita após a extração do solo ou lodo com sais neutros (a mais usual é cloreto de potássio) ou soluções tamponadas a pH pré-fixado, obtendo-se os teores trocáveis.

As amostras de aproximadamente 0,2 g foram colocadas em tubos próprios para digestão. Adicionou-se 1 ml de H_2O_2 , 2 ml de H_2SO_4 e cerca de 0,7 g da mistura da digestão que é composta por 90% de sulfato de sódio e 10% de sulfato de cobre.

Após colocou-se os tubos de ensaio com amostras e reagentes sobre um bloco digestor e manteve-se a temperatura entre 160 a 180 °C até evaporação do líquido. Posteriormente aumentou-se a temperatura para 330°C e manteve-se durante uma hora.

Após esfriar as amostras transferiu-se para um tubo de 50 ml e aferiu-se seguido de agitação com ar comprimido.

A quantificação dos teores foi realizada por espectrofotômetro de absorção atômica, em laboratório terceirizado.

Digestão ácida de metais pesados

O material utilizado foi deixado imerso em ácido nítrico p.a. (20%) por 24 horas, enxaguado três vezes com água destilada. Utilizou-se o método adaptado de WINDOM et al. (1989) onde a porção sólida do lodo foi digerida com ácidos fortes, numa temperatura em torno de 100oC.

Na primeira etapa, pesou-se 0,25 g de lodo seco e transferiu-se para um béquer de teflon; adicionou-se 10 ml de HNO_3 (65%) p.a. e 10 ml de HF (48%) p.a., deixando-o em repouso por uma noite na capela. No dia seguinte, adicionou-se gota a gota 3 ml de $HClO_4$ (70%) p.a., colocando-o sobre uma chapa de aquecimento numa temperatura máxima de 120°C para evaporação do ácido, até quase a secura onde foi adicionado 1 ml de HNO_3 (65%) p.a. na amostra, até quase a secura novamente.

Ao terminar da digestão, e com a solução fria adicionou-se 2 ml de HNO_3 10% e cerca de 10 ml de água destilada no béquer; filtrou-se com lã de vidro e avolumou-se em balão volumétrico de 25 ml com a posterior transferência um frasco de estocagem até o momento da análise.



O teor dos metais pesados (alumínio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, níquel e zinco) foi determinado num espectrofotômetro de absorção atômica (EAA) SpectrAA, modelo 220 FS, da Varian, em laboratório terceirizado.

Determinações microbiológicas

Para as análises microbiológicas, somente foram realizadas as de Coliformes termotolerantes e Salmonella, pois as demais não são analisadas no laboratório terceirizado.

Para os coliformes termotolerantes, que englobam os coliformes fecais e totais, e salmonela, foi utilizada a técnica descrita no Standard Methods, realizada em laboratório terceirizado.

4.4 Outras determinações

Além destes parâmetros, o CONAMA exige outros que se relacionam com a fertilidade do lodo a ser disposto, entre eles: pH, CTC, matéria orgânica, H⁺, Al, Na. Estes foram determinados conforme procedimento estabelecido pela EMBRAPA, 1997.

Determinação do pH das amostras de lodo

Foi pesado 10 g da amostra de lodo e transferida para um becker de 100 mL, sendo adicionado água fervida (isenta de gás carbônico), aguardando-se 4 horas para fazer a determinação em um potenciômetro com eletrodo devidamente calibrado.

Determinação de matéria orgânica e fertilidade do solo

Foram medidos 1,5 ml de solo e colocado em erlenmeyer de 50 ml, onde adicionou-se 15 ml de solução sulfo-crômica aquecendo-se em banho-maria por 15 min com posterior agitação de 5 min. Após adicionou-se 15 ml de água, deixou-se em repouso uma noite, no dia seguinte pipetou-se 3 ml do sobrenadante, adicionou-se 3 ml de água destilada e determinou-se a absorvidade a 645 nm.

Determinação de sólidos voláteis

Os teores de sólidos voláteis foram determinados através da metodologia descrita no APHA, 1992. Pesou-se 2,5 g de amostras secas dos lodos de esgoto e em seguidas levadas à mufla numa temperatura de 500°C durante 4 horas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O lodo de esgoto possui características físico-químicas específicas que exigem uma disposição controlada, a fim da minimização dos riscos de contaminação ambiental. É importante ressaltar que cada população apresenta condições sócio-econômicas e culturais bastante diversas sendo que estas influenciam diretamente na composição do lodo final.

A caracterização do lodo, além de propiciar a decisão para o melhor destino desse resíduo, pode ainda identificar alguns dos problemas que a cidade possui, tais como lançamento impróprio de metais pesados por indústrias clandestinas e até mesmo as infestações parasitárias que acometem a população.

Como já explicitado anteriormente, as características estudadas foram: macronutrientes, metais pesados, fertilidade e patógenos.

Até o momento, os resultados obtidos nas análises de macronutrientes encontram-se, na forma de média, na Tabela 1.

**Tabela 1 – Média dos valores obtidos de macronutrientes do lodo em %**

| Amostragens | N | P | K | Ca | Mg |
|--------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|-------------|
| 1 ^a | 3,453 | 1,040 | 0,260 | 0,513 | 0,33 |
| 2 ^a | 3,163 | 1,413 | 0,313 | 0,320 | 0,30 |
| 3 ^a | 3,563 | 1,610 | 0,313 | 0,480 | 0,35 |
| 4 ^a | 3,570 | 1,533 | 0,280 | 0,273 | 0,38 |
| Média Geral | 3,437 | 1,399 | 0,2915 | 0,3965 | 0,34 |

Aplicando análise estatística obteve-se uma variância experimental de 0,0111, que implica num erro aproximado de 20%, podendo ser considerado insignificante para a análise técnica dos resultados.

Comparando os valores obtidos da Tabela 1 com os da Tabela 2, a qual apresenta o valor típico para cada elemento, pode-se concluir que: para o nitrogênio o valor foi 13,5% maior que a média e dentro da variação do lodo digerido. Para o fósforo, o teor foi um pouco maior do valor típico, em torno de 10%. Já para o potássio o valor obtido foi inferior a 10% do seu valor típico. O cálcio não obteve nem o valor mínimo que é de 1,5, sendo o obtido de 0,3965 um valor quase insignificante.

Tabela 2 - Composição do lodo de esgoto

| ITEM | LODO BRUTO | | LODO DIGERIDO | |
|---|------------|--------------|---------------|--------------|
| | Variação | Valor típico | Variação | Valor típico |
| Sólidos secos totais (ST)% | 2,0-8,0 | 5,0 | 6,0-12,0 | 10,0 |
| Sólidos voláteis (% de ST) | 60-80 | 65 | 30-60 | 40 |
| Graxas e gorduras solúveis % | 6-30 | - | 5-20 | 18 |
| Proteínas (% de ST) | 20-30 | 25 | 15-20 | 18 |
| Cálcio (Ca, % de ST) | - | - | 0,85-2,7 | 1,5 |
| Nitrogênio (N, % de ST) | 1,5-4,0 | 2,5 | 1,2-5,0 | 3,0 |
| Fósforo (P ₂ O ₅ , % de ST) | 0,8-2,8 | 1,6 | 0,8-4,0 | 1,4 |
| Potássio (K ₂ O, % de ST) | 0-1 | 0,4 | 0,0-1,0 | 0,3 |
| Celulose (% de ST) | 8,0-15,0 | 10,0 | 8,0-15,0 | 10,0 |
| Ferro (% de ST) | 2,0-4,0 | 2,5 | 3,0-8,0 | 4,0 |
| Magnésio (Mg, % de ST) | - | - | 0,3-0,6 | 0,38 |
| Sílica (SiO ₂ , % de ST) | 15,0-20,0 | - | 10,0-20,0 | - |
| pH | 5,0-8,0 | 6,0 | 6,5-7,5 | 7,0 |
| Alcalinidade (mg/l CaCO ₃) | 500-1500 | 600 | 2500-3500 | 3000 |
| Ácidos orgânicos (mg/l Hac) | 200-2000 | 500 | 100-600 | 200 |
| Matéria orgânica | - | - | 30-60 | 50 |
| Relação C/N | - | - | 5-11 | 7 |
| Água (%) | - | - | 90-99 | 98 |
| Cinzas | - | - | 10-40 | 12 |

Fonte: adaptado de METCALF & EDDY, 1991.

Outro parâmetro relacionado é o magnésio, sendo o obtido 0,34 em sólido seco, sendo a variação típica de 0,32 a 0,62, estando desta forma na faixa de operação com um resultado significativo.

Em relação à fertilidade do lodo, a Tabela 3 apresenta a média dos valores obtidos.

Tabela 3 – Média geral dos valores obtidos da fertilidade do lodo

| pH | MO (%) | Al | CTC (meq/100 g) | Na (ppm) | Sol. Voláteis (% de ST) |
|------|--------|-----|-----------------|----------|-------------------------|
| 6,05 | 10,0 | 0,0 | 20,99 | 700,0 | 30 |



O pH encontra-se ligeiramente ácido, sendo este não conveniente na composição do fertilizante, sendo que uma etapa de ajuste será fundamental. Esta correção geralmente é realizada com cal, conhecida como calagem, sendo muito empregada, obtendo-se bons resultados, auxiliando também na redução dos patógenos.

Quanto aos sólidos voláteis, o lodo está no limite mínimo estipulado. A capacidade de troca catiônica, também está abaixo do normal, que varia de 40 a 120 e o sódio encontra-se dentro da faixa de operação.

Em relação à matéria orgânica o percentual foi muito baixo, este influenciado pela alta recirculação de lodo na estação de tratamento, o que propicia ao final um lodo mais estável e possivelmente pela metodologia aplicada na preparação das amostras, mais especificamente pela temperatura de secagem não ser a mais adequada.

Um fator climático que também teve sua interferência foi à chuva, pois em todas as coletas ocorreram precipitações no máximo há três dias anteriores, isto aumenta o nível de “água não contaminada” no sistema e pode haver redução na concentração da matéria orgânica no esgoto e consequentemente no lodo final.

Para os metais pesados, uma das características mais limitantes no processo de reuso e destino do lodo de esgoto, os valores são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Média dos valores obtidos de metais pesados no lodo em mg/kg

| Amostragens | Cr | Cu | Mn | Fe | Cd | Pb | Zn |
|---------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------|--------------|---------------|-----------------|
| 1 ^a | 112,403 | 205,136 | 889,535 | 37594,960 | 2,810 | 10,368 | 726,453 |
| 2 ^a | 240,040 | 471,414 | 1890,339 | - | 7,271 | 14,243 | 1331,375 |
| 3 ^a | 304,067 | 447,123 | 1697,222 | - | 3,175 | 12,202 | 1276,786 |
| 4 ^a | 295,019 | 364,551 | 1662,305 | - | 1,660 | 7,812 | 1156,934 |
| Média Geral | 237,882 | 372,056 | 1534,85 | - | 3,729 | 11,156 | 1122,887 |
| Valores Limites(*) | 1000 | 1500 | - | - | 39 | 300 | 2800 |

(*) Valores limites, segundo Resolução 375/2006 do CONAMA

Todos os teores obtidos foram excelentes, pois estão muito abaixo do esperado. Uma hipótese, geralmente levantada em todas as estações de tratamento de esgoto, que são as ligações de indústrias no sistema de coleta restrito ao esgoto doméstico, por estes dados pode ser descartada, caso contrário os valores obtidos seriam bem maiores, podendo ultrapassar os limites estabelecidos.

Os valores máximos estabelecidos para o ferro e para o manganês, não foram estudados em nenhuma literatura citada, devido a sua baixa influência no processo, mas é importante destacar que estes estão abaixo dos teores encontrados para o solo da região em estudo, desta forma não trarão alterações de importância quando da sua aplicação.

Para os elementos Cr, Cu e Mn a variação deu-se da primeira para as demais amostragens, em torno de 50%, enquanto que para os demais elementos a variação deu-se em todas as amostragens, porém não de forma brusca e dentro dos níveis de tolerância. Sendo que na segunda obteve os valores mais expressivos.

A variação dos metais pesados é muito interessante, requer uma atenção bem maior que os demais parâmetros pelo fato de serem marcantes em um curto período de tempo e estarem associados à hidrodinâmica do sistema.

Os altos teores de alguns micronutrientes das plantas, como Zn, Cu, Fe e Mn indicam que o lodo de esgoto em estudo pode ser considerado como uma excelente fonte desses micronutrientes para as culturas agrícolas, desde que se observem as quantidades máximas permitidas (kg.ha.ano^{-1}) e a carga máxima acumulada (kg.ha^{-1}), em termos dos metais pesados estabelecidos pela legislação, pois quando muito altas estas concentrações no solo destes elementos tornam-se tóxicos às plantas, prejudicando assim o desenvolvimento de muitas espécies de interesse agrícola. O solo regional já possui elevadas concentrações de ferro, sendo que este elemento não acarreta nenhum problema à planta, mesmo sendo bastante elevada sua concentração.



Quanto ao mercúrio e chumbo, estes não apresentam riscos elevados para o homem quando incorporados ao solo via lodo. Primariamente, estes adquirem formas minerais parcialmente insolúveis no solo e posteriormente tornam-se imóveis em sistemas radiculares fibrosos, finalmente causam fitotoxicidade em concentrações muito abaixo daquelas problemáticas aos animais.

Cabe salientar que a disponibilidade de muitos desses elementos, na forma catiônica, depende do nível de pH do solo. As normas americanas enfatizam a necessidade de monitoramento do nível do pH em solos tratados com lodo de esgoto contaminado com metais pesados. Como regra geral, recomenda-se que o pH seja mantido em nível superior a 6,5.

Por se tratar de um resíduo do tratamento de esgoto sanitário proveniente da atividade humana, diversos patógenos podem contaminar o lodo de esgoto, sendo que alguns deles são causadores de importantes doenças humanas. O estudo, além da disponibilidade de análise, foi realizado em cima dos principais agentes patogênicos.

As análises microbiológicas apresentaram os seguintes resultados, conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Média dos valores microbiológicos obtidos do lodo

| Parâmetro | Média |
|-------------------|------------------------------|
| Coliformes Totais | $9,2 \times 10^4$ NMP/100 mL |
| E. coli | $9,4 \times 10^4$ NMP/100 mL |
| Salmonella sp | Ausência em 25 mL |

Pelos valores encontrados e segundo a classificação do CONAMA tem-se o lodo em estudo classificado como classe B. Isto significa que o lodo pode ser aplicado em solo de acordo com instruções da resolução 375/06 do CONAMA, mas que a partir do ano de 2011, ou seja, 5 anos a partir da publicação desta resolução, somente será permitida a aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado classe A.

Cabe ressaltar que existem vários tratamentos eficazes para redução dos principais patógenos, entre eles: digestão, compostagem, desinfecção química, lagoa de tratamento, etc. O que será realizado no lodo em estudo é a calagem, que tem como vantagem, além da desinfecção microbiológica a correção do pH.

A eliminação dos patógenos, no processo de tratamento de esgoto é importante, uma vez que no solo, os diferentes patógenos podem apresentar tempos de sobrevivência elevados. De um modo geral, as bactérias intestinais tendem a desaparecer, pois estarão em um meio inadequado à sobrevivência, já as parasitas encistados (helmintos e protozoários) que infelizmente não foram analisados, e seus ovos são os mais resistentes.

Uma composição básica do lodo em estudo, para os parâmetros analisados frente aos resultados esperados ou valores limites no lodo para aplicação no solo, é demonstrada na Tabela 6.

**Tabela 6 - Composição básica do lodo em estudo**

| ITEM | Valor obtido | Valor esperado (VE) ou limite (VL) |
|---|----------------------------------|------------------------------------|
| Sólidos voláteis (% de ST) | 30 | 40** |
| Cálcio (Ca, % de ST) | 0,273 | 1,5** |
| Nitrogênio (N, % de ST) | 3,570 | 3,0** |
| Fósforo (P ₂ O ₅ , % de ST) | 1,533 | 1,4 ** |
| Potássio (K ₂ O, % de ST) | 0,280 | 0,3 ** |
| Magnésio (Mg, % de ST) | 0,103 | 0,38 ** |
| Ferro (mg/kg) | 37594,960 | - |
| Cromo (mg/kg de ST) | 237,882 | 1000* |
| Cobre (mg/kg de ST) | 372,056 | 1500* |
| Manganês (mg/kg de ST) | 1534,85 | - |
| Cádmio (mg/kg de ST) | 2,936 | 39* |
| Chumbo (mg/kg de ST) | 11,156 | 300* |
| Zinco (mg/kg de ST) | 1122,887 | 2800* |
| pH | 6,1 | 7,0** |
| Matéria orgânica | 10,0 | 50** |
| Água (%) | 99 | 98** |
| Coliformes termotolerantes | 9,6 x10 ⁴ NMP/ 100 mL | <10 ⁶ NMP / g de ST* |
| Salmonela | Ausência em 25 mL | < 10 ovos / g de ST* |

* Valores limites dos compostos contidos no lodo para aplicação no solo, segundo resolução 375/06 CONAMA;

** Valores típicos, segundo METCALF & EDDY, 1991.

Frente aos dados apresentados na tabela acima, é possível afirmar que o lodo da ETE - Chapecó apresenta uma boa qualidade, pois as concentrações de macronutrientes estão dentro dos níveis toleráveis, sendo um destaque o nitrogênio, como já era esperado. O fósforo, sempre presente em grande quantidade no lodo, assim como o nitrogênio, apresentou um teor pouco atrativo para fertilizante, assim como o cálcio, porém conta como forma aditiva no produto. Os teores de metais pesados estão muito abaixo da tolerância, sendo um ótimo indicativo, pois não necessita de tratamento para separação ou redução dos mesmos. Há uma concentração um pouco alta de agentes patogênicos o que o classifica na Classe B, mas, assim como o pH, num processo de calagem seus valores são corrigidos e desta forma torna o lodo bem mais atrativo e com um valor agregado maior para o mercado de fertilizantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos nas análises preliminares, o lodo da ETE Chapecó apresentou, para a maioria dos seus macronutrientes, teores aceitáveis. Já o fósforo e a matéria orgânica, apresentaram uma concentração abaixo do esperado, o que não é muito atrativo para um fertilizante.

Fazem parte de sua composição diversos poluentes, como os metais pesados, sendo principalmente de Cd, Zn, Cu, Ni e Pb, porém todos as concentrações encontradas estiveram bem abaixo dos teores máximos permitidos, o que, a princípio, indica que não trarão alterações de importância quando da sua aplicação no solo.

Um dos fatores que contribuíram nos baixos teores encontrados em todos os parâmetros analisados, principalmente para a matéria orgânica (o que é indesejável), foi a alta recirculação de lodo (fator intrínseco ao processo de tratamento da fase líquida adotado), além do fator climático – chuva, que antecedeu a maioria das amostragens, diluindo assim o esgoto.

Quanto à presença e quantificação dos patógenos, o lodo em estudo foi englobado na Classe B, conforme Resolução do CONAMA, ficando, de acordo com esta resolução, sua utilização restrita ao cultivo de café, silvicultura, culturas para produção de fibras e óleos.

Os resultados preliminares deste estudo apontaram à necessidade de se realizar a calagem do lodo da estação, ou seja, adicionar cal para correção do pH e diminuição do número de patógenos, a fim de tornar este lodo apto ao cultivo de outras culturas; Para as próximas coletas, a amostragem do lodo, visando a caracterização



do mesmo, será feita após a calagem, a fim de confirmar se este poderá ser aplicado no solo de forma segura e com um maior poder fertilizante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAMARGO, O. A.; BETTIOL, Wagner; GHINI, Raquel; GALVÃO, José Abrão Haddad. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto: descrição do estudo. In: Wagner Bettiol; Otávio Antonio de Camargo. (Org.). Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura. Jaguariúna: Embrapa, 2006, v. 1, p. 1-24.
2. CHAGAS, W. F.. Estudo de patógenos e metais em lodo digerido bruto e higienizado para fins agrícolas, das estações de tratamento de esgotos da ilha do governador e da Penha no estado do Rio de Janeiro. [Mestrado] Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública; 2000.
3. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução 375. Brasília: CONAMA, 2006. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212p.
4. FÖRSTNER, U. Contaminated Sediments. Lecture Notes in Earth Sciences, v.21, 1989. Instituto Agrônômico IAC. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Embrapa – Meio Ambiente, 2000.
5. METCALF & EDDY. Wastewater engineering: treatment, disposal, reuse. 3. ed. Nova York: McGraw-Hill, 1991.
6. NASCIMENTO, C.W.A Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. Rev. Bras. Ciência do solo v.28 n2 Viçosa, mar/abr, 2004.
7. NIENCHESKI, L. F. H. Utilisation de mytilus galloprovincialis comme indicateur de pollution du littoral méditerranéen Français par les composés organochlores et les métaux lourds. Tese (Doutorado) France, 1982.
8. OLIVEIRA, et al. Metais pesados em latossolo tratado com lodo de esgoto e em plantas de cana-de-açúcar. Sci. agric. v.58 n.3 Piracicaba jul./set. 2001.
9. RANGEL, Otacílio José Passos et al . Efeito de aplicações de lodos de esgoto sobre os teores de metais pesados em folhas e grãos de milho. Rev. Bras. Ciênc. Solo , Viçosa , v. 30, n. 3, 2006.
10. ROCHA, G.N. et al. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de Eucalyptus grandis fertilizado com biossólido. Rev. bras. ciência do solo.v28 n4. Viçosa, jul/ago, 1999.
11. ROSANA F.V. et al. Disponibilidade de nutrientes no solo, qualidade de grãos e produtividade da soja em solo adubado com lodo de esgoto. Pesquisa Agropecuária brasiliense, v.40 n9, Brasília, Setembro, 2005.
12. SANEPAR. Manual técnico para utilização agrícola do lodo de esgoto no Paraná. Curitiba: SANEPAR, 1997. 96p.
13. TEDESCO, M. J., VOLKWEISS, S. J., BOHNEN, H. Análises de solo, plantas e outros materiais. Informativo Técnico nº 5. Departamento de Solos. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 165p.
14. TSUTIYA, M. T. et al. Biossólidos na Agricultura. 2. ed. São Paulo: ABES/SP, 2002. UNEP. Chemical pollution: a global overview. United Nations Environment Programme, 1992.
15. WINDOM, H.L. et al. Natural traces metal concentrations in estuarine and coastal marine sediments of the Southeastern United States. 1989. Environmental Science Technology, v.23, p.314.

AGRADECIMENTOS

À Unochapecó (CCAA e Coordenação do Mestrado) pelo apoio financeiro para participação no congresso.

À Casan pelo apoio financeiro ao mestrando Anderson e pela parceira na pesquisa.